

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-513812

(P2000-513812A)

(43) 公表日 平成12年10月17日 (2000.10.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 C 19/72

識別記号

F I

G 0 1 C 19/72

テマート\* (参考)

J

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 46 頁)

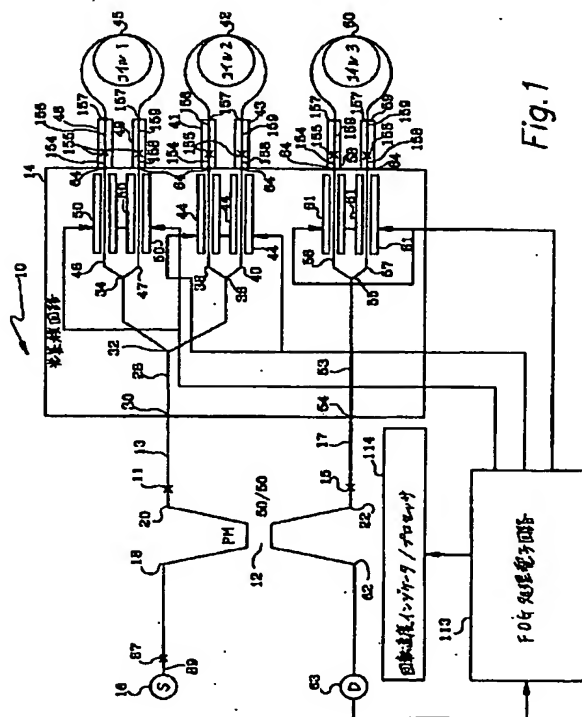
(21) 出願番号 特願平10-504392  
 (86) (22) 出願日 平成9年6月26日 (1997.6.26)  
 (85) 翻訳文提出日 平成10年12月28日 (1998.12.28)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US 97/11412  
 (87) 国際公開番号 WO 98/00682  
 (87) 国際公開日 平成10年1月8日 (1998.1.8)  
 (31) 優先権主張番号 08/672, 249  
 (32) 優先日 平成8年6月28日 (1996.6.28)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L U, MC, NL, PT, SE), CA, JP

(71) 出願人 ハネウエル・インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国 55408 ミネソタ州・ミネアポリス・ハネウエル・プラザ (番地なし)  
 (72) 発明者 リュウ, レン・ヤン  
 アメリカ合衆国・85202・アリゾナ州・メサ・ウエスト マデロ アヴェニュー・2549  
 (72) 発明者 バーグ, ラルフ・エイ  
 アメリカ合衆国・85022・アリゾナ州・フェニックス・ノース ワティエイチ ストリート・1135番・16220  
 (74) 代理人 弁理士 山川 政樹 (外5名)

(54) 【発明の名称】 3軸光ファイバ・ジャイロスコープ

(57) 【要約】

互いに直交する3つの軸における回転速度を検出するための、3つの光ファイバ・ループを有するジャイロスコープである。このジャイロスコープは、1つまたは2つの検出器と、特殊なマルチ結合器構成を有する3つの光ファイバ検出ループ・サブシステムの間で共用される1つの光源とを有する。また、開ループまたは閉ループ構成となる回転速度信号を処理する電子回路の一部分も、3つの検出ループの間で共用される。このジャイロスコープは、単一モード光ファイバの偏光しない構成にも、偏光保持光ファイバの構成にもすることができる。



## 【特許請求の範囲】

1. 第1、第2、第3、および第4のポートを有する結合器、

前記結合器の第1ポートに接続された光源、

前記結合器の第2ポートに接続された検出器、

前記結合器の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第1 Y 接合部、

前記第1 Y 接合部の第2ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第2 Y 接合部、

前記第1 Y 接合部の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第3 Y 接合部、

前記結合器の第4ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第4 Y 接合部、

その第1および第2の端子が前記第2 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、少なくとも1つの偏光解消器を有する第1検出ループ、

その第1および第2の端子が前記第3 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、少なくとも1つの偏光解消器を有する第2検出ループ、ならびに

その第1および第2の端子が前記第4 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、少なくとも1つの偏光解消器を有する第3検出ループを含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

2. 第1、第2、第3、および第4のポートを有する第1結合器、

前記第1結合器の第1ポートに接続された光源、

前記第1結合器の第2ポートに接続された検出器、

前記第1結合器の第3ポートに接続された第1ポートと、第2検出器に接続された第2ポートと、第3および第4のポートとを有する第2結合器、

前記第2結合器の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第1 Y 接合部、

前記第2結合器の第4ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポ

ートとを有する第2 Y 接合部、

前記第1 結合器の第4 ポートに接続された第1 ポートと、第2 および第3 のポートとを有する第3 Y 接合部、

その第1 および第2 の端子が前記第1 Y 接合部の第2 および第3 のポートにそれぞれ接続された第1 検出ループ、

その第1 および第2 の端子が前記第2 Y 接合部の第2 および第3 のポートにそれぞれ接続された第2 検出ループ、ならびに

その第1 および第2 の端子が前記第3 Y 接合部の第2 および第3 のポートにそれぞれ接続された第3 検出ループ

を含む3 軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

3. 前記第1、第2、および第3 の Y 接合部のそれぞれの少なくとも1 つのポートの付近に位置する、第1、第2、および第3 の変調器電極セットをさらに含む請求項2 に記載の3 軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

4. 前記第1 検出ループの第1 または第2 の端子と前記第1 Y 接合部の第2 ポートとの間に接続された少なくとも1 つの偏光解消器と、

前記第2 検出ループの第1 または第2 の端子と前記第2 Y 接合部の第2 ポートとの間に接続された少なくとも1 つの偏光解消器と、

前記第3 検出ループの第1 または第2 の端子と前記第3 Y 接合部の第2 ポートとの間に接続された少なくとも1 つの偏光解消器と

をさらに含む請求項3 に記載の3 軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

5. 前記第1 Y 接合部および第1 の変調器電極セットが、第1 光集積回路上に形成され、

前記第2 Y 接合部および第2 の変調器電極セットが、第2 光集積回路上に形成され、

前記第3 Y 接合部および第3 の変調器電極セットが、第3 光集積回路上に形成される、

請求項4 に記載の3 軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

6. 前記第1、第2、および第3 の Y 接合部と、前記第1、第2、および第3 の変調器電極セットとが光集積回路上に形成される請求項4 に記載の3 軸光ファイ

バ・ジャイロスコープ。

7. 第1および第2の検出器に接続された入力を有する増幅器、

前記増幅器の出力に接続された入力、および出力を有するアナログ・デジタル変換器、

前記アナログ・デジタル変換器の出力に接続された入力を有する3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置、

前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置の出力に接続された入力と、前記第1、第2、および第3の変調器電極セットにそれぞれ接続された出力とを有するデジタル・アナログ変換器と

をさらに含む請求項6に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

8. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置が、前記デジタル・アナログ変換器の出力から前記第1、第2、および第3の変調器要素セットのそれぞれに送信されるその大きさが各検出ループの回転速度を示す信号によって、前記第1、第2、および第3の検出ループを互いに逆方向に伝播した光の位相差をゼロにする閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

9. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置が、ゼロダイン閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

10. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置が、デュアル・ランプ閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

11. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置が、デジタル位相ステップ閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

12. 前記結合器が偏光保持結合器である請求項1に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

13. 前記結合器が偏光非保持結合器である請求項1に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

14. 前記第1および第2の結合器が偏光保持結合器である請求項4に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

15. 前記第1および第2の結合器が偏光非保持結合器である請求項4に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

16. 前記第2結合器の第3ポートと前記第1Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と、

前記第2結合器の第4ポートと前記第2Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と、

前記第1結合器の第4ポートと前記第3Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と

をさらに含む請求項15に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

17. 前記結合器が偏光保持結合器である請求項1に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

18. 前記結合器が偏光非保持結合器である請求項1に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

19. 前記結合器の第3ポートと前記第1Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と、

前記結合器の第4ポートと前記第4Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と

をさらに含む請求項18に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

20. 前記第1、第2、第3、および第4の接合部が偏光接合部である請求項19に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

21. 前記第1、第2、および第3のY接合部が偏光接合部である請求項16に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

22. 前記第1、第2、および第3の検出ループが偏光非保持ファイバを有する請求項21に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

23. 第1検出器、

第2検出器、

光源、

前記第2検出器に接続された第1ポートと、前記光源に接続された第2ポートと、第3および第4のポートとを有する第1結合器、

前記第1検出器に接続された第1ポート、および前記第1結合器の第3ポートに接続された第2ポートを有する第2結合器、

前記第2結合器の第3ポートに接続された第1偏光子、

前記第2結合器の第4ポートに接続された第2偏光子、

前記第1結合器の第4ポートに接続された第3偏光子、

前記第1偏光子に接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第3結合器、

前記第2偏光子に接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第4結合器、

前記第3偏光子に接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第5結合器、

前記第3結合器の第2ポートに接続された第1偏光解消器、

前記第4結合器の第2ポートに接続された第2偏光解消器、

前記第5結合器の第2ポートに接続された第3偏光解消器、

前記第1偏光解消器に接続された第1端、および前記第3結合器の第3ポートに接続された第2端を有する第1偏光非保持光ファイバ検出ループ、

前記第2偏光解消器に接続された第1端、および前記第4結合器の第3ポートに接続された第2端を有する第2偏光非保持光ファイバ検出ループ、

前記第3偏光解消器に接続された第1端、および前記第5結合器の第3ポートに接続された第2端を有する第3偏光非保持光ファイバ検出ループを含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

24. 前記第1および第2の結合器が偏光保持ファイバ結合器である請求項23に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

25. 前記第3結合器の第3ポートと前記第1光ファイバ検出ループの第2端との間に接続された第4偏光解消器と、

前記第4結合器の第3ポートと前記第2光ファイバ検出ループの第2端との間に接続された第5偏光解消器と、

前記第5結合器の第3ポートと前記第3光ファイバ検出ループの第2端との間に接続された第6偏光解消器と

をさらに含む請求項24に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

26. 前記第1および第2の結合器が偏光非保持ファイバ結合器である請求項23に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

27. 前記第2結合器の第3ポートと前記第1偏光子との間に接続された第4偏光解消器と、

前記第2結合器の第4ポートと前記第2偏光子との間に接続された第5偏光解消器と、

前記第1結合器の第4ポートと前記第3偏光子との間に接続された第6偏光解消器と

をさらに含む請求項26に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

28. 前記第3結合器の第3ポートと前記第1光ファイバ検出ループの第2端との間に接続された第7偏光解消器と、

前記第4結合器の第3ポートと前記第2光ファイバ検出ループの第2端との間に接続された第8偏光解消器と、

前記第5結合器の第3ポートと前記第3光ファイバ検出ループの第2端との間に接続された第9偏光解消器と

をさらに含む請求項27に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

29. 前記第1光ファイバ検出ループ内、およびその端子付近に接続された第1変調器と、

前記第2光ファイバ検出ループ内、およびその端子付近に接続された第2変調器と、

前記第3光ファイバ検出ループ内、およびその端子付近に接続された第3変調器と

をさらに含む請求項28に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

30. 前記第1および第2の検出器が1つの検出器で置き換えられる請求項23に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

31. 第1、第2、第3、および第4のポートを有する結合器、

前記結合器の第1ポートに接続された光源、  
前記結合器の第2ポートに接続された検出器、  
前記結合器の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第1 Y 接合部、  
前記第1 Y 接合部の第2ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第2 Y 接合部、  
前記第1 Y 接合部の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第3 Y 接合部、  
前記結合器の第4ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第4 Y 接合部、  
その第1および第2の端子が前記第2 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、偏光保持光ファイバを有する第1 検出ループ、  
その第1および第2の端子が前記第3 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、偏光保持光ファイバを有する第2 検出ループ、ならびに  
その第1および第2の端子が前記第4 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、偏光保持光ファイバを有する第3 検出ループ  
を含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

32. 第1、第2、第3、および第4のポートを有する第1結合器、

前記第1結合器の第1ポートに接続された光源、  
前記第1結合器の第2ポートに接続された検出器、  
前記第1結合器の第3ポートに接続された第1ポートと、第2検出器に接続された第2ポートと、第3および第4のポートとを有する第2結合器、  
前記第2結合器の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第1 Y 接合部、  
前記第2結合器の第4ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第2 Y 接合部、  
前記第1結合器の第4ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第3 Y 接合部、  
その第1および第2の端子が前記第1 Y 接合部の第2および第3のポートにそ



れぞれ接続された、偏光保持光ファイバを有する第1検出ループ、

その第1および第2の端子が前記第2 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、偏光保持光ファイバを有する第2検出ループ、ならびに

その第1および第2の端子が前記第3 Y 接合部の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、偏光保持光ファイバを有する第3検出ループ

を含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

## 【 発 明 の 詳 細 な 説 明 】

## 3 軸 光 ファイバ ・ ジャイロ スコープ

発 明 の 背 景

通常 の 慣 性 測 定 装 置 は 3 つ の ジャイロ スコープ を 有 す る 。 光 ファイバ 慣 性 測 定 システム は 、 少 な く と も 3 つ の 光 ファイバ ・ ジャイロ スコープ を 含 む 。 3 つ の 軸 それぞ れ 用 の 別 々 の ジャイロ スコープ は 、 重 複 し た 光 回 路 お よ び 電 子 回 路 を 含 む

発 明 の 概 要

本 発 明 は 、 慣 性 測 定 装 置 に 適 し た 3 軸 光 ファイバ ・ ジャイロ スコープ で あ る 。 ジャイロ スコープ は 3 つ の 直 交 軸 の それぞ れ に つ い て の 回 転 速 度 を 測 定 す る 。 本 発 明 の 3 軸 光 ファイバ ・ ジャイロ スコープ で 使 用 す る 光 学 構 成 要 素 お よ び 電 子 構 成 要 素 は 少 な い が 、 そ れ で も 十 分 な 光 パワー を 光 源 か ら 各 ジャイロ スコープ を 介 し て 検 出 器 に 効 率 的 に 送 る こ と が で き る 。 単 一 の 光 源 、 1 つ ま た は 2 つ の 検 出 器 、 1 つ の 前 置 増 幅 器 、 お よ び 2 つ の 方 向 性 結 合 器 を 3 つ の 干 渉 計 の 外 側 で 使 用 す る 。 対 照 的 に 、 同 じ タ ス ク を 当 技 術 分 野 の 標 準 的 な 手 法 で 実 行 す る と 、 3 つ の 光 源 を 必 要 と す る 3 つ の 単 軸 ジャイロ が 使 用 さ れ る 。 ジャイロ スコープ の 電 子 回 路 は 開 ループ に も 閉 ループ に も す る こ と が で き る 。 セ ロ ダ イ ン 、 デ ジ タ ル 位 相 ス テ ッ プ 、 デ ュ ア ル ・ ラ ン プ の 電 子 回 路 は 、 閉 ループ 構 成 で は 任 意 選 択 で あ る 。 3 軸 システム の 各 軸 に つ い て の 干 渉 計 ま た は ジャイロ スコープ は 、 単 軸 構 成 と ほ ぼ 同 量 の パワー を 検 出 器 に 送 る こ と が で き る 。

図 面 の 簡 単 な 説 明

第 1 図 は 、 1 つ の 偏 光 保 持 結 合 器 お よ び 4 つ の Y 接 合 部 を 有 す る 3 軸 ジャイロ スコープ の 光 学 構 成 を 示 す 図 で あ る 。

第 2 図 は 、 1 つ の 偏 光 非 保 持 結 合 器 お よ び 4 つ の Y 接 合 部 を 有 す る 3 軸 ジャイロ スコープ の 光 学 構 成 を 示 す 図 で あ る 。

第 3 a 図 は 、 2 つ の 偏 光 保 持 結 合 器 お よ び 3 つ の Y 接 合 部 を 有 す る 3 軸 ジャイロ スコープ を 示 す 図 で あ る 。

第 3 b 図 は 、 2 つ の 偏 光 保 持 結 合 器 、 お よ び 検 出 ループ の 3 つ の 結 合 器 を 有 す

る3軸ジャイロスコープを表す図である。

第4a図は、2つの偏光非保持結合器および3つのY接合部を有する3軸ジャイロスコープを示す図である。

第4b図は、2つの偏光非保持結合器、および検出ループの3つの結合器を有する3軸ジャイロスコープを表す図である。

第5図は、閉ループ・ゼロダイン電子回路の1例を示す図である。

第6図は、デュアル・ランプ閉ループ電子回路の1例を示す図である。

第7図は、各軸について復調器を有するデュアル・ランプ閉ループ電子回路を示す図である。

第8図は、検出ループに偏光解消器のない、1つの偏光非保持結合器および4つのY接合部を有する3軸ジャイロスコープの光学構成を表す図である。

第9図は、検出ループに偏光解消器のない、2つの偏光保持結合器および3つのY接合部を有する3軸ジャイロスコープを示す図である。

#### 好ましい実施形態の説明

第1図は、1つの偏光保持(PM)ファイバ結合器12と、4つのY接合部32、34、36、および55を備えた光集積回路(IOC)14とを有する3軸光ファイバ・ジャイロスコープ(FOG)の光学構成10を示す図である。結合器12はPMファイバから製作した結合器である。光源16は0.83ミクロンを中間波長とする広帯域光を発する。光源16はその他の波長になることもある。光はファイバまたはポート18を介して結合器12に進入し、結合器12を通過するが、結合器12中で光の損失がないものと仮定すると、その光の約半分はポートまたはファイバ20から出、残り半分の光はポートまたはファイバ22から出る。

この実施形態では、結合器12は0.83ミクロンの光用に設計されている。ファイバ20は、スプライス11を介して、スプライス11および接続点30で整列された軸を有する光集積回路(IOC)14の導波路28のピグテール13

に接続される。IOC14はプロトン交換またはチタン非拡散のニオブ酸リチウム・デバイスにすることができる。また、IOC14はシリコン、タンタル、ポ

リマーなどその他の材料から製作することもできる。プロトン交換デバイスは偏光導波路28、38、40、46、47、53、56、および57を有する。I OC 14は、チタン非拡散デバイスである場合には、その上に、また導波路を覆って導電シースを有し、それにより各導波路の偏光を引き起こす。

光はY接合部32で50対50に分割され、接合部32への光の半分が接合部34に進み、接合部32で分割された結果生じたもう一方の半分の光が接合部36に進むようになっている。この光の比は、I OC 14の接合部または導波路における光の損失がほとんど、あるいは全くないことを前提としている。接合部36に進むもう一方の半分の光はさらに半分に分割され、光が光導波路38および40まで伝播するようになっている。導波路38の光は、接続点64、偏光解消器41、およびループ42を通り、偏光解消器43、接続点64を逆に通る、導波路40まで伝播する。導波路40を通過する光は変調器44によって変調される。ループ42に向かって導波路40を伝播する光は、偏光解消器43を通り、ループ42を通り、ループ42を逆に出て、偏光解消器41を通り、I OC 14の導波路38まで進む。導波路38および40から戻った光線はY接合部36で合成され、接合部32に向かって進む。

偏光解消器41および43は様々な方法で構築することができる。例えば偏光解消器41では、PMファイバ154は、その複屈折軸を導波路38の複屈折軸と整列させた状態で、点64でI OC 14に取り付けられる。ファイバ154は、I OC 14のピグテールにすることもできる。もう1つのPMファイバ156は、ファイバ154および156の複屈折軸を互いに45°の角度をなすように整列させた状態で、点155でファイバ154に接合される。ファイバ156は、接続点157で、コイル42の単一モード偏光非保持ファイバに接合される。ファイバ156は、通常はファイバ154の2倍を超える長さとなる。

これに対して、偏光解消器41は、ピグテール64で、導波路38の軸に対して45°の角度をなすように整列させた複屈折軸を有するただ1つのPMファイバ154しか有さないこともある。この場合、ファイバ154は接続点157で

コイル42に接合される。ファイバ154のビート長は導波路38のビート長の

2 倍を超える。この偏光解消器の構成では、スプライス 1 5 5 およびファイバ 1 5 6 は不要となる。

偏光解消器 4 3 を偏光解消器 4 1 と共に使用することも、これを使用せず、コイル 4 2 に対する偏光解消器を偏光解消器 4 1 だけ 1 つにすることもある。ただし、偏光解消器 4 1 および 4 3 を両方とも使用すれば、F O G の性能はより良好になる。

偏光解消器 4 3 を使用する場合、ファイバ 1 5 8 の長さがファイバ 1 5 4 の長さとはわずかに異なる点、およびファイバ 1 5 9 がファイバ 1 5 6 の長さの 2 倍を超えることができるが、ファイバ 1 5 9 の長さはファイバ 1 5 8 の長さの 4 倍を超える点を除き、偏光解消器 4 1 と同じ構造を有する。

導波路 3 8 の軸と整列された軸を有する 1 つの P M ファイバ 1 5 4 しか有さない偏光解消器 4 1 の構成では、同様に構築された偏光解消器 4 3 が組み込まれることも組み込まれないこともある。偏光解消器 4 3 が組み込まれる場合、この偏光解消器の構造は、2 つの P M ファイバ 1 5 8 および 1 5 9 を有し、ファイバ 1 5 9 は、ファイバ 1 5 4 の軸が接続点 6 4 で導波路の軸に対して  $45^{\circ}$  の角度をなすように整列させられている偏光解消器構成のファイバ 1 5 4 の 2 倍の長さのビート長を有する構造となる。いずれかの構成の偏光解消器 4 1 と共に使用する偏光解消器 4 3 は、ピグテール 6 4 においてその複屈折軸を導波路 4 0 の軸に対して  $45^{\circ}$  の角度をなすように整列させたファイバ 1 5 8 しか有さないこともある。スプライス 1 5 5 およびファイバ 1 5 9 のないこの構造のファイバ 1 5 8 は、導波路 4 0 のビート長の 2 倍を超えるビート長を有し、あるいは、偏光解消器 4 1 がこの偏光解消器 4 3 と同種の構造を有する場合には導波路 4 0 の 4 倍を超えるビート長を有することもある。

偏光解消器 4 8 および 4 9 はそれぞれ、偏光解消器 4 1 および 4 3 と同じ構造の組合せを有する。同様に、偏光解消器 5 8 および 5 9 もそれぞれ、偏光解消器 4 1 および 4 3 と同じ構造の組合せを有する。ここで述べた偏光解消器の構造は、偏光解消器 4 1、4 3、4 8、4 9、5 6、および 5 9 を有する全ての図に適用することができる。

接合部34からの光は分割され、光線は導波路46および47に伝播し、接続点64と、それぞれ偏光解消器48および49を通り、ループ45を通過して互いに逆方向に伝播し、それぞれ偏光解消器49および48と、接続点64とを通過して戻る。いずれかの方向に導波路47を通過する光は、変調器50によって変調される。導波路46および47を介してループ45から戻る光線は接合部34で合成され、その結果生じた光は接合部32に進み、接合部36からの光と合成される。合成された光は導波路28に進み、接続点30を通過して結合器12のファイバまたはポート20中に進む。

結合器12中の光源16からの光のもう一方の部分は、ファイバまたはポート22を通り、スプリイス15および接続点54で軸を整列させたスプリイス15、ピグテール17、および接続点54を介してI O C 14の導波路53に進む。導波路53を通過する光はY接合部55で分割され、光の半分は導波路56に進み、導波路53からの光の残り半分は導波路57に進む。導波路56および57からの光はそれぞれ、偏光解消器58および59を通過する。光波または光線はループ60を互いに逆方向に伝播し、それぞれ偏光解消器59および58に戻り、導波路57および56を通過し、Y接合部55で合成される。導波路57を伝播する光は変調器61で変調することができる。合成された接合部55からの光は導波路53に伝播し、接続点54を通過して結合器12のポートまたはファイバ22中に伝播する。ポート20からの光の約半分はポートまたはファイバ62に進み、ポート22からの光の半分はポート20からの光と合成され、ポート62に進み、検出器63に入る。

ポート62からの光は、ループ42、45、および60の光線の対の干渉光となる。検出器63は、光線およびそれらそれぞれの干渉光を、ループ42、45、および60の回転速度情報に復号される電気信号に電気的に変換する。I O C 14は0.83ミクロンの波長の光源用に設計されている。PMファイバで作成することができる偏光解消器はそれぞれI O C 14の導波路に対して、各PMファイバの偏光軸とI O C 14の各導波路とが $45^\circ$ の角度(+/- $2^\circ$ )をなすように整列される。その結果生じる偏光解消器は0.83ミクロンの光用に設計されている。

コイル42、45、および60用のファイバは単一モード・ファイバ、すなわち偏光非保持ファイバであり、1.3ミクロンの波長の光用に設計されている。偏光解消器48、49、41、43、58、および59は、それぞれのループの単一モード・ファイバに接合される。

第2図は、1つの単一モード・ファイバ結合器12と、3つのY接合部34、36、55を有する光集積回路(IOC)14とを有する3軸光ファイバ・ジャイロスコープ(FOG)の構成90を示す図である。結合器12は、単一モード偏光非保持(SM)ファイバから製作した結合器である。レーザ・ダイオードである光源16は、0.83ミクロンを中間波長とする広帯域光を発する。この代わりに、光源16を別の波長の光ファイバ光源にすることもできる。

点95で結合器12のポート18に接合された偏光保持(PM)ファイバ94が存在することもある。PMファイバ94の軸は、スプライス97において、光源16のPMピグテール96に対して45°の角度をなすように整列される。そうではなく、ファイバ94は、光源16自体において、偏光の軸に対して45°の角度をなすように整列させることもできる。ファイバ94および96ならびにスプライス97の組合せは、SM結合器12での使用に必要なというわけではないが、望ましい。ファイバ94および96ならびにスプライス97の組合せは、光源16が非偏光を発する非偏光ファイバ光源である場合には使用されない。

光はファイバまたはポート18を介して結合器12に進入し、結合器12を通過するが、結合器12で光の損失がないものと仮定すると、光の約半分はポートまたはファイバ20を通過し、光の残り半分はポートまたはファイバ22を通過する。ファイバ結合器12は0.83ミクロンの光用に設計されている。ファイバ20は点99で、一片のPMファイバ98に接合される。PMファイバ98は、45°の角度で軸が整列したスプライス26で、PMピグテール24に接続される。ファイバ24は、少なくともファイバ98の長さの2倍の長さを有する。ファイバ・ピグテール24は、点30で、軸を整列させて導波路28に取り付けられる。この代わりに、偏光解消器は、接続点30で導波路28と45°の角度で軸を整列させたPMファイバ24のみを含むこともできる。ファイバ24のビート長は導波路28のビート長の2分の1未満となる。光はY接合部32で50

対

50に分割され、接合部32への光の一方の半分が接合部34に進み、接合部32で分割された結果生じたもう一方の半分の光が接合部36に進むようになっている。50対50という光の比は、IOC14の接合部または導波路における光の損失がほとんど、あるいは全くないことを前提としている。接合部36に進入する光は半分に分割され、半分の各光がそれぞれ光導波路38および40まで伝播するようになっている。導波路38の光は、接続点64、偏光解消器41、およびループ42を通り、偏光解消器43、接続点64を逆に通じ、導波路40まで伝播する。導波路40を通過する光は変調器44によって変調される。

ループ42に向かって導波路40を伝播する光は、偏光解消器43を通り、ループ42を通り、ループ42を逆に出で、偏光解消器41を通り、IOC14の導波路38まで進む。導波路38および40から戻った光線はY接合部36で合成され、接合部32に向かって進む。

接合部34からの光は分割され、光線は導波路46および47に伝播し、それぞれ偏光解消器48および49を通り、ループ45を通過して互いに逆方向に伝播し、それぞれ偏光解消器49および48を通過して戻る。いずれかの方向に導波路47を通過する光は、変調器50によって変調される。導波路46および47を介してループ45から戻る光は接合部34で合成され、その結果生じた光は接合部32に進み、接合部36からの光と合成される。

合成された光は導波路28に進み、接続点30、PMビグテール・ファイバ24、スプライス26、PMファイバ98、スプライス99それぞれ通る、あるいは45°接続点30およびPMファイバ24のみを通過して、結合器12のファイバまたはポート20中に進む。

光源16からの光のもう一方の部分は、45°の軸を有するスプライス51でPMビグテールまたはファイバ52に接続される一片のPMファイバ102に点101で接合されたファイバまたはポート22を通過する。ファイバ52の長さはファイバ102の長さの少なくとも2倍である。ファイバ52は、点54で、軸を整列させてIOC14の導波路53に接続される。この代わりに、偏光解消



器は、接続点54で導波路53と $4.5^\circ$ の角度で軸を整列させたPMファイバ52のみを含むこともできる。ファイバ52のビート長は導波路53のビート長の

2分の1未満となる。導波路53を通過する光はY接合部55で分割され、光の半分は導波路56に進み、導波路53からの光の残り半分は導波路57に進む。導波路56および57からの光はそれぞれ、偏光解消器58および59を通過する。光波または光線はループ60を互いに逆方向に伝播し、それぞれ偏光解消器59および58に戻り、導波路57および56を通過し、Y接合部55で合成される。導波路57を伝播する光は変調器61で変調することができる。合成された接合部55からの光は導波路53に伝播し、点54、ピグテール52、スプライス51、ファイバ102、およびスプライス101を通る、あるいは $4.5^\circ$ 接続点54およびPMファイバ52のみを通過して、結合器12のポートまたはファイバ22中に伝播する。ポート20からの光の約半分はポートまたはファイバ62に進み、ポート22からの光の半分はポート20からの光と合成され、ポート62に進み、検出器63に入る。ポート62からの光は、ループ42、45、および60の光線の対の干渉を構成する。検出器63は、光線およびそれらそれぞれの干渉を、ループ42、45、および60の回転速度情報に復号される電気信号に電気的に変換する。

IOC14は0.83ミクロンの波長の光源用に設計されている。偏光解消器は、その偏光解消器のファイバの偏光軸とIOC14の導波路とが $4.5^\circ$  ( $+/-2^\circ$ )の角度をなすようにしてIOC14の導波路と整列した、PMファイバで作成することができる。偏光解消器は0.83ミクロンの光用に設計されている。コイル42、45、および60用のファイバは単一モード・ファイバ、すなわち偏光非保持ファイバであり、1.3ミクロンの波長の光用に設計されている。偏光解消器48、49、41、43、58、および59は、それぞれのループの単一モード・ファイバと、それぞれの導波路に続く点64でIOC14とに接合された0.83ミクロンのPMファイバを有する。

第3a図の構成100は、FOGループ45、42、および60のそれぞれについての接合部34、36、および55をそれぞれ有する3つの別個のIOCに

分離することができる I O C 6 5 を含む。I O C 6 5 は、I O C 1 4 と同じ材料および機能の特性を有することができる。I O C 1 4 および I O C 6 5 は、偏光導波路を有することが好ましいが、これらの導波路は偏光保持型にも、偏光非保持型にもすることができる。

構成 1 0 0 では、2 つの P M 光ファイバ結合器 6 6 および 6 7 を使用する。I O C 6 5 には、構成 1 0 の I O C 1 4 の Y 接合部 3 2 のような Y 接合部スプリッタがない。光源 1 6 はレーザ・ダイオードであり、ピグテール 9 1、スプライス 9 2、およびポート 6 8 を介して結合器 6 6 に進む 0.83 ミクロンの広帯域光を発する。スプライス 9 2 は任意選択である。各検出コイル 4 2、4 5、および 6 0 から等しい光パワーを検出するために、第 1 方向性結合器 6 6 の分割比は適当に選択される。各方向性結合器 6 6 および 6 7 で損失が少なく、3 つのコイル 4 2、4 5、および 6 0 それぞれの効率が等しい理想的な場合には、結合器 6 6 で分割比を 3 3 対 6 7 とし、結合器 6 7 で 5 0 対 5 0 とすると、各センサからの光パワーは等しくなる。結合器 6 6 および 6 7 で損失がある場合には、各結合領域をさらに通過する光はさらに減衰することになる。したがって、結合器 6 6 の分割比を変化させ、この余分の損失を補償し、3 つの軸組込みループ 4 2、4 5、および 6 0 のそれぞれについて検出器 6 9 および 9 3 のパワー・レベルを同じに保つ必要がある。この 1 例として、結合器 6 6 で 3 3 対 6 7 ではなく 3 0 対 7 0 の分割比を使用し、結合器 6 6 および 6 7 で生じる損失を補償する。

第 1 ループ 4 2 に向かう光は光源 1 6 を出て結合器 6 6 のポート 6 8 を通過し、この光の約 7 0 % は分割されてポート 7 1 に入り、軸の整列したスプライス 7 3 を介して結合器 6 7 のポート 7 2 に進む。ポート 7 2 の光の 5 0 % は、結合器 6 7 のポート 7 4 に進み、軸の整列した接続点 7 7 を通って導波路 7 8 に入る。この光は接合部 3 6 を通過し、ループ 4 2 を有するジャイロスコープの構成要素を通る。

光は、ループ 4 2 を通って互いに逆方向に伝播した後で、導波路 7 8、接続点 7 7 を通ってポートまたはファイバ 7 4 中に戻る。ループ 4 2 と関連する構成要素中をどのようにして光が移動したかについては、構成 1 0 に関連して上記で説

明した。結合器67のポート74を通過して戻った光は50対50に分割され、この光の半分は、検出器69にビグテールで接続されたポート79に進み、それにより光は検出器69によって光信号の電氣的等価値に変換される。光は、ループ42から戻って結合器67のポート74を通過し、この光のもう一方の部分はポ

ートまたはファイバ72を通過し、軸の整列したスプライス73および結合器66のポートまたはファイバ71を通る。この光の一部分は、引き続き結合器66を通過してポート81に進み、ファイバ81はファイバ79と共に検出器69に、あるいは第2検出器93に接続されており、そこでそれを表す電気信号に変換される。

光源16からループ45に向かう光は、70%で分割される結合器66のポート68を通過してポート71に進む。ポート71からの光は軸の整列したスプライス73を通過し、結合器67のポート72を通る。ポート72の光の半分はポート80に進み、点84でI O C 65に進む。点84は、ポート80と導波路85の間の軸の整列した接続点であり、スプライス19およびビグテール21はあってもないこともある。同様に、結合器67のポート74および結合器66のポート86に出入りする光は、スプライス19およびビグテール21を通ることも通らないこともある。点84からの光は導波路85を通過し、Y接合部34で分割される。光は、構成10に関して上記で説明したように、ループ45に関連する構成要素10を通過して進行する。ループ45中を互いに逆方向に伝播した後で、接合部34からの光は導波路85を通過し、点84を通過して光ファイバ結合器67のポート80に進む。ポート80の光の一部分は、ポート79に進み、検出器69に進む。ポート80の光のもう一方の部分は結合器67を通過してポート72に進み、スプライス73およびポート71を通過する。ポート71の光の一部分は結合器66のポート81に進み、検出器69または第2検出器93に進む。検出器69または第2検出器93で受信された光は、やはり受信した光信号を表す電気信号に変換される。

ループ60を組み込む第3の軸回転速度センサは、その30%がポートまたはファイバ86に進む結合器66を通過する光源16からの光を含む。ポート86

からの光は点54を通過してI O C 6 5に進み、引き続き導波路53を通る。ループ60への光の伝播については、構成10に関して上記で説明した。ループ60を互いに逆方向に伝播した光は光接合部55で合成され、導波路53、点54を通過して結合器66ポート86に戻る。ポート86に戻った光の70%は結合器66のポート81に結合される。ポート81の光は、ポート81中の光信号を表

す電気信号に光を変換する検出器69に進む。

第3b図は、第3a図の構成100の変形形態を示す図である。Y接合部34、36、および55はそれぞれ、方向性結合器149、148、および150で置き換えられる。偏光子145、146、および147はそれぞれ、結合器67および68と結合器148、149、および150との間の光ファイバの光経路中に配置される。電子光学位相変調器44、50、および61はそれぞれ、光ファイバ圧電位相変調器151、152、および153で置き換えられる。I O C 6 5の導波路の光経路としての機能は、光ファイバの光経路で置き換えられる。

第4a図の構成120は、F O Gループ42、45、および60のそれぞれについての3つの別個のI O Cに分割することができるI O C 6 5を含む。この構成では、2つの単一モード偏光非保持(SM)光ファイバ結合器66および67を使用する。I O C 6 5には、構成90のI O C 1 4のY接合部32のようなY接合部スプリッタがない。光源16は、ポート68を介して結合器66に進む0.83ミクロンの広帯域光を発するレーザ・ダイオードである。光源16は、レーザ・ダイオードではなく、別の波長のファイバ光源にすることもできる。光源16とポート68の間には、接続点104でポート68に接続され、45°で整列した偏光または複屈折軸を有するPMビグテール105にスプライス106で接続された、一片の偏光保持(PM)ファイバ103がある。この代わりに、ファイバ103は、その軸を光源16からの光の偏光方向に対して45°の角度で整列させて、光源16に直接結合されることもある。ファイバ103およびスプライス106は必要というわけではないが、レーザ・ダイオード光源の場合には好ましい。光源16が非偏光を発するファイバ光源であるときには、ファイバ103およびスプライス106は使用されない。

各検出コイル42、45、および60から等しい光パワーを検出するために、第1方向性結合器66の分割比は適当に選択される。各方向性結合器66および67で損失が少なく、3つのコイル42、45、および60それぞれの効率が等しい理想的な場合には、結合器66で分割比を33対67とし、結合器67で50対50とすると、各センサからの光パワーは等しくなる。結合器66および67で損失がある場合には、各結合領域をさらに通過する光はさらに減衰すること

になる。したがって、結合器66での分割比を変化させ、この余分の損失を補償し、3つの軸組込み光ファイバ・ループ42、45、および60のそれぞれについて検出器69のパワー・レベルを同じに保つ必要がある。この1例として、結合器66で33対67ではなく30対70の分割比を使用し、結合器66および67で生じる損失を補償する。

第1ループ42に向かう光は光源16を出て、ピグテール105、スプライス106、ファイバ103、スプライス104、および結合器66のポート68を通過する。ポート68からの光の約70%は分割されてポート71に入り、スプライス73を介して結合器67のポート72に進む。ポート72の光の50%は、結合器67のポート74に進み、接続点108でポート74に接続された一片のPMファイバ107と、ファイバ107および76の軸を45°の角度で整列させてPMファイバ107をPMピグテール・ファイバ76に接続するスプライス75を通過する。ファイバ76の長さはファイバ107の少なくとも2倍である。光はピグテール76を通過し、接続点77を通過して導波路78に入る。この代わりに、偏光解消器は、接続点77で導波路78と45°の角度で軸を整列させたPMファイバ76のみを含むこともできる。ファイバ76のビート長は導波路78のビート長の2分の1未満となる。光は接合部36を通過し、ループ42を有するジャイロ스코プの構成要素を通る。光は、ループ42を通過して互いに逆方向に伝播した後で、導波路78、接続点77、ピグテール76、スプライス75、ファイバ107、スプライス108を通過して、あるいは45°接続点77およびファイバ76のみを通過してポートまたはファイバ74中に戻る。ループ42と関連する構成要素中をどのようにして光が移動したかについては、構成90

に関連して上記で説明した。

結合器67のポート74を通過して戻った光は50対50に分割され、この光の半分は、光を光信号の電氣的等価値に変換する検出器69にビグテールで接続されたポート79に進む。光は、ループ42から戻って結合器67のポート74を通過し、この光のもう一方の部分はポートまたはファイバ72を通過し、軸の整列したスプライス73および結合器66のポートまたはファイバ71を通る。この光の一部分は引き続き結合器66を通過してポート81に進み、2入力（ポート

81および79）検出器69または第2検出器93のいずれかに進み、それを表す電気信号に変換される。

光源16からループ45に向かう光は、PMビグテール105、45°スプライス106、PMファイバ103、スプライス104、および70%で分割されるSM結合器66のポート68を通過して、ポート71に進む。ポート71からの光はスプライス73を通過し、結合器67のポート72を通る。ポート72の光の半分はポート80、接続スプライス110でポート80に接続された一片のPMファイバ109に進み、45°スプライス82を通り、点84でIOC65に接続されたPMビグテール83を通る。スプライス82はPMファイバ83および109の複屈折軸を45°で整列させる。ファイバ83の長さはファイバ109の長さの少なくとも2倍である。この代わりに、偏光解消器は、接続点84で導波路85と45°の角度で軸を整列させたPMファイバ83のみを含むこともできる。ファイバ83のビート長は導波路85のビート長の2分の1未満となる。

接続点84からの光は導波路85を通過し、Y接合部34で分割される。光は、構成90に関して上記で説明したように、ループ45に関連する構成要素を通過して進行する。ループ45中を互いに逆方向に伝播した後で、接合部34からの光は導波路85を通過し、接続点84、ビグテール・ファイバ83、スプライス82、ファイバ109を通る、あるいは45°接続点84およびファイバ83のみを通り、スプライス110を通過して光ファイバ結合器67のポート80に進む。ポート80の光の一部分は、ポート79に進み、検出器69に進む。ポート8

0の光のもう一方の部分は結合器67を通過してポート72に進み、スプライス73およびポート71を通過する。ポート71の光の一部分は結合器66のポート81に進み、2ファイバ入力(ポート79および81)検出器69または第2検出器93に進む。検出器69および検出器93で受信された光は、この受信した光信号を表す電気信号に変換される。

ループ60を組み込む第3の軸回転速度センサは、ピグテール105、スプライス106、ファイバ103、スプライス104、ポート68、およびその30%がポートまたはファイバ86に進む結合器66を通過する光源16からの光を

含む。PMファイバの一片111はスプライス112でポート86に接続される。ファイバ111は、ファイバ111およびピグテール52の軸を互いに45°の角度で整列させるスプライス51で、PMピグテール52に接続される。ファイバ52はファイバ111の長さの少なくとも2倍の長さを有する。ポート86からの光はスプライス112、ファイバ111、およびスプライス51を通過する。この代わりに、偏光解消器は、接続点54で導波路53と45°の角度で軸を整列させたPMファイバ52のみを含むこともできる。ファイバ52のビート長は導波路53のビート長の2分の1未満となる。

45°スプライス51を通り、接続点54でIOC65に接続されるピグテール52に進んだ光は、引き続き導波路53を通る。ループ60への光の伝播については、構成10に関して上記で説明した。ループ60を互いに逆方向に伝播した光は導波路接合部55で合成され、導波路53、接続点54、ピグテール52、スプライス51、ファイバ111を通る、あるいは45°接続点54およびファイバ52のみを通り、スプライス112を通過して結合器66のポート86に戻る。ポート86に戻った光の70%は結合器66のポート81に結合される。ポート81の光は、ポート81中の光信号を表す電気信号に光を変換する、2入力(ポート79および81)検出器69の第2入力または第2検出器93に進む。

第4b図は、第4a図の構成120の変形形態を示す図である。Y接合部34、36、および55はそれぞれ、方向性結合器149、148、および150で置き換えられる。結合器149、148、および150はPM結合器であること

が好ましいが、F O Gのパフォーマンス・ケイバビリティの低くなるS M結合器にすることもできる。偏光子145、146、および147はそれぞれ、結合器67および66、光源16と結合器148、149、および150との間の光ファイバの光経路中に配置される。電子光学位相変調器44、50、および61はそれぞれ、光ファイバ圧電位相変調器151、152、および153で置き換えられる。I O C 65の導波路の光経路としての機能は、光ファイバの光経路で置き換えられる。

第1図、第2図、第3図、および第4図の構成10、90、100、および120はそれぞれ、F O Gの処理電子回路113を有する。処理電子回路113は

回転速度信号をインジケータ114に出力する。処理電子回路113は開ループ設計にも閉ループ設計にもすることができる。第5図および第6図は、閉ループ電子回路113の2つのバージョン、セロダイン115およびデュアル・ランプ116をそれぞれ表す図である。第1図および第2図の検出器63の出力は、2入力加算増幅器でなく1入力増幅器にすることもできる増幅器117の入力に進む。第3図および第4図の検出器69および93の出力は、第5図および第6図の加算増幅器117の2つの入力に進む。そうではなく、第7図に示すように任意の2検出器構成について、検出器69および93の出力を互いに接続し、1入力増幅器117に入力することもできる。増幅器117の出力は、各ループの回転速度を表す特定の位相関係を有する、各ループ42、45、および60からの光信号を表すアナログ電気信号を接続する、アナログ・デジタル(A/D)変換器118に進む。A/D変換器118の出力は、セロダイン回路115およびデュアル・ランプ回路116それぞれの、3軸ジャイロ스코プのデジタル処理用の特定用途向け集積回路(A S I C)のデジタル同期復調器119とバイアス周波数発生器および制御論理回路121とに進む。発振器122は、バイアス周波数発生器および制御論理回路121に周波数基準信号を与え、これが復調器119に周波数信号を出力し、バイアス変調信号およびイネーブル軸信号を、x、y、zの各軸について、A S I C 115のセロダイン発生器123、124、および125に、またA S I C 116のデュアル・ランプおよびバイアス発生器12



6、127、および128に出力する。

第5図では、x、y、z軸についての各セロサイン発生器123、124、125はそれぞれ出力信号を有し、これは、復調器119から各軸発生器について多重化され、セロサイン数値制御発振器130およびレート・クロック数値制御発振器131の入力に信号を出力する軸アキュムレータ129の入力に進む、処理された検出器69、93の信号である。発振器130および131の出力は、カウンタ132および論理回路133の入力に進む。論理回路133はアップおよびダウンのクロック信号を提供し、カウンタ132は、デジタル位相無効信号に依存した回転速度をトリプル・デジタル・アナログ変換器(DAC)134の各軸チャンネルに提供する。変換器134は、アナログ位相無効信号を、x、y、

z軸それぞれについてのドライバ増幅器135、136、137に出力する。増幅器135、136、および137からのセロサイン出力はそれぞれ、ループ45、42、および60の変調器50、44、および61に進み、各ループの回転によるサニャック効果によって生じるループを互いに逆方向に伝播した光線の位相差をゼロにする。セロサイン出力は回転速度を示し、回転速度インジケータおよび/またはプロセッサ114に入力される。

第6図で、閉ループASIC116の各デュアル・ランプおよびバイアス発生器126、127、および128は、各軸発生器について多重化された、処理された検出器69、93の信号である信号を復調器119からそれぞれ受信し、デュアル・ランプ・アキュムレータ139およびレート・クロック数値制御発振器140に信号を出力する、軸アキュムレータ138を有する。デュアル・ランプ・アキュムレータの出力は追加バイアス回路141に進み、発振器140の出力は論理回路142に進む。論理回路142はアップおよびダウンのクロック信号を提供し、追加バイアス回路141はデュアル・ランプ・デジタル位相無効信号を、トリプル・デジタル・アナログ変換器134の各軸チャンネルに提供する。DAC134は、デュアル・ランプ・アナログ位相無効信号を出力し、x、y、およびz軸それぞれについての増幅器135、136、および137を駆動する。増幅器135、136、および137からのデュアル・ランプ出力はそれぞれ、

ループ45、42、および60の変調器50、44、および61に進み、各ループの回転によるサニャック効果によって生じるループを互いに逆方向に伝播した光線の位相差をゼロにする。デュアル・ランプ出力は回転速度を示し、回転速度インジケータおよび／またはプロセッサ114に入力される。

第7図は、1入力増幅器117を有する点以外に、デジタル同期復調器119を3つ有する、すなわち1つの復調器119が、処理された検出器69、93の信号をそれぞれx、y、およびz軸の各デュアル・ランプおよびバイアス発生器126、127、128に与える点で第6図と異なる。各発生器がそれ自体の復調器119を有するので、発生器への処理された検出器の信号は多重化されない。第7図の構成は、第5図のセロダイン発生器構成にも適用することができる。

第8図は、偏光解消器48、49、41、43、58、および59、ならびに検出コイル45、42、および60が存在しない点を除いて、第2図の構成90と同様の構成170を示す図である。検出コイル161、162、および163は偏光保持ファイバから構成される。第9図は、偏光解消器48、49、41、43、58、および59、ならびに検出コイル45、42、および60が存在しない点を除いて、第3a図の構成100と同様の構成180を示す図である。検出コイル161、162、および163は偏光保持ファイバから構成される。コイル中に偏光解消器のない偏光保持検出コイル161、162、および163は、第1図、第3b図、第4a図、および第4b図の構成10、100、および120に同様に実装することができる。

本明細書に開示した実施形態以外にも、本発明のその他の変形形態を実施することができる。

【 図 1 】

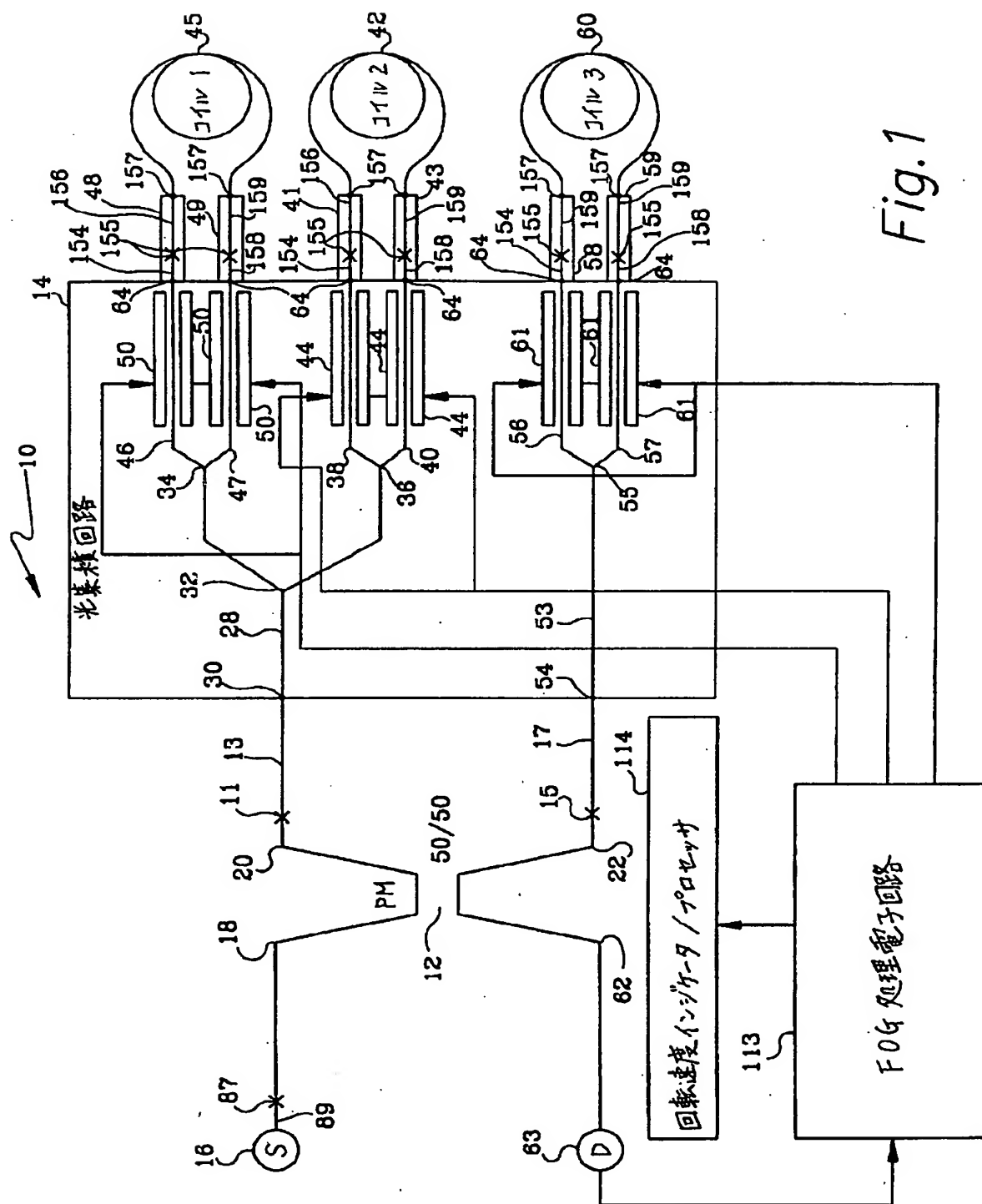


Fig. 1

【圖 2】

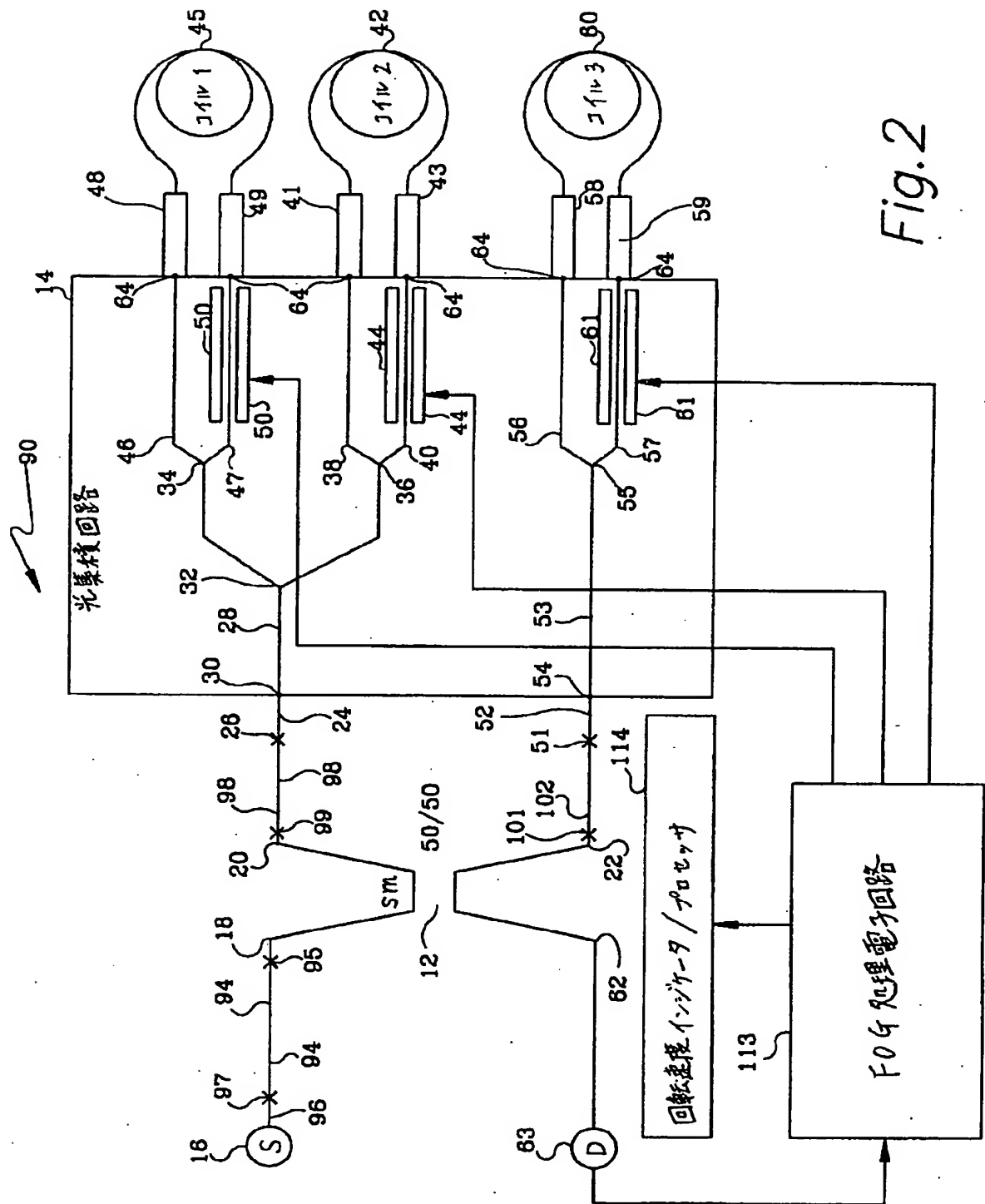


Fig. 2

【 図 3 】

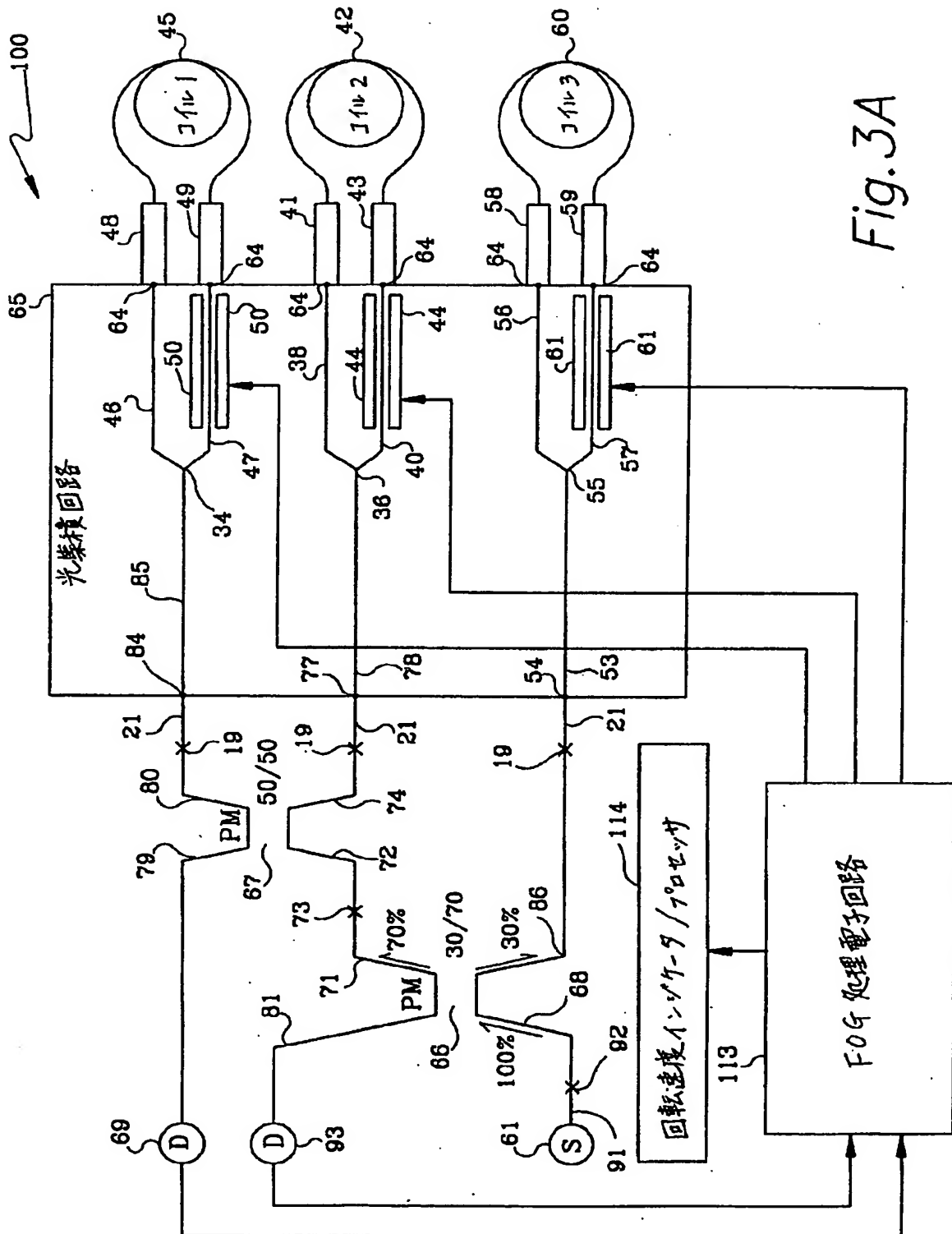


Fig. 3A

【 図 3 】

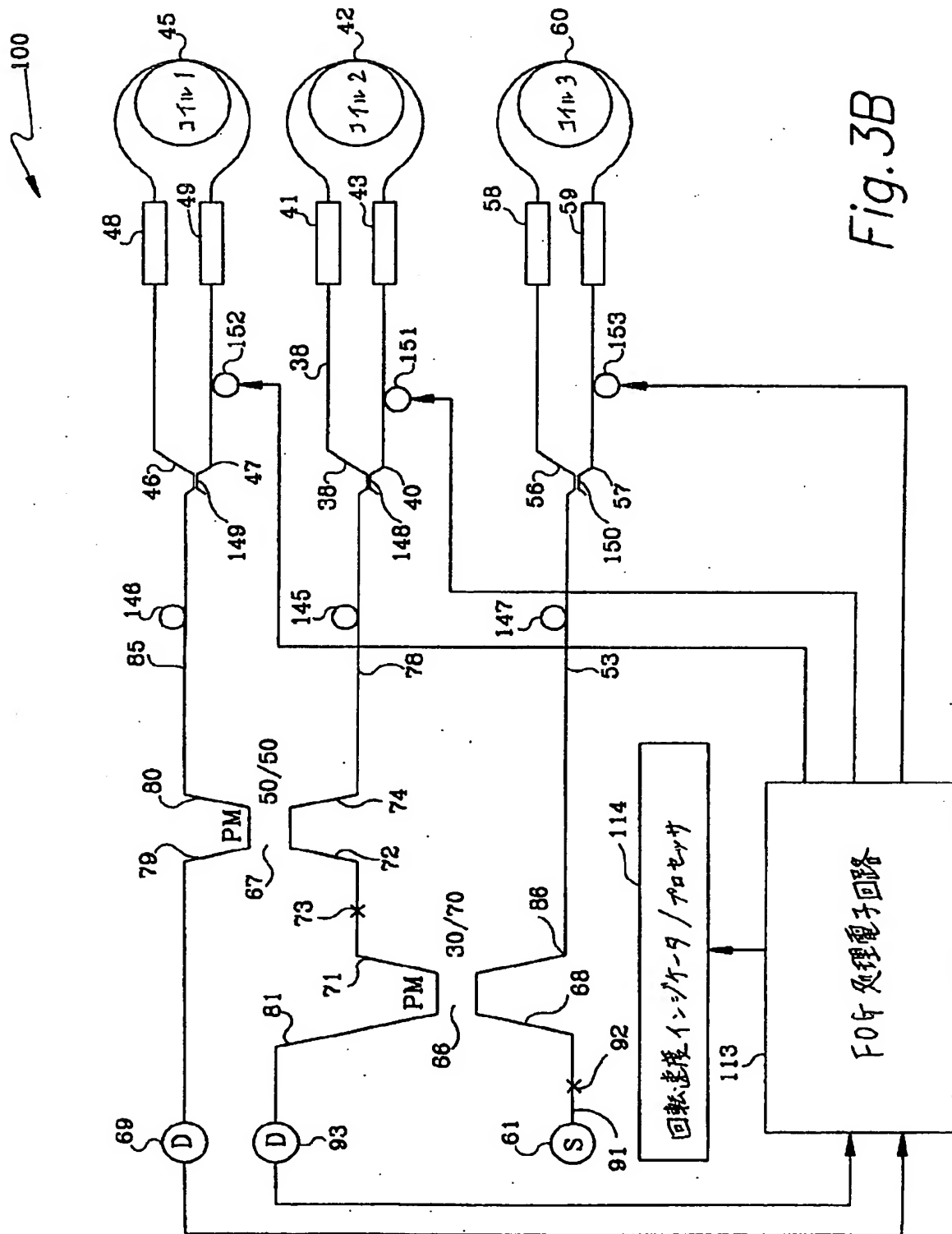


Fig. 3B

【 図 4 】

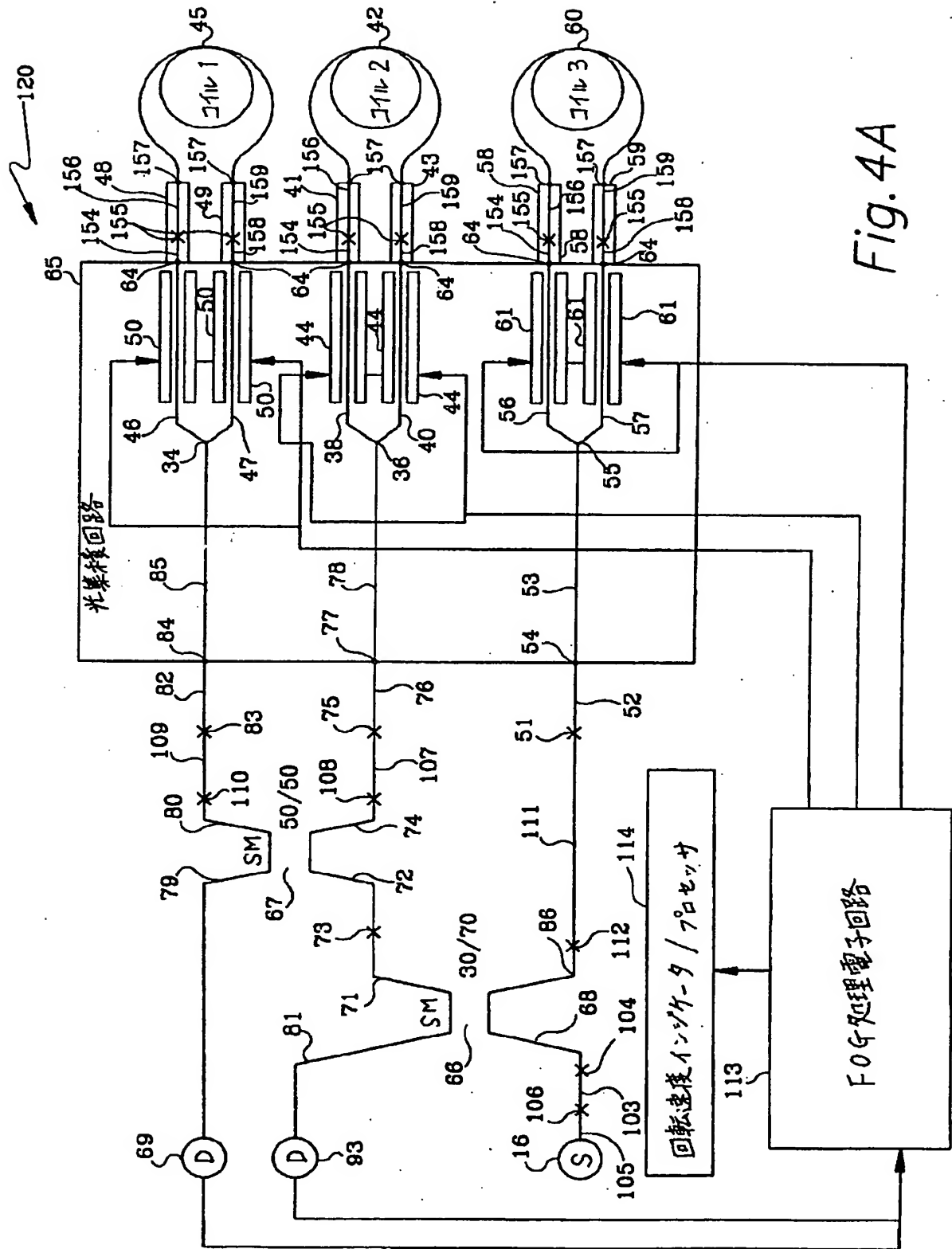
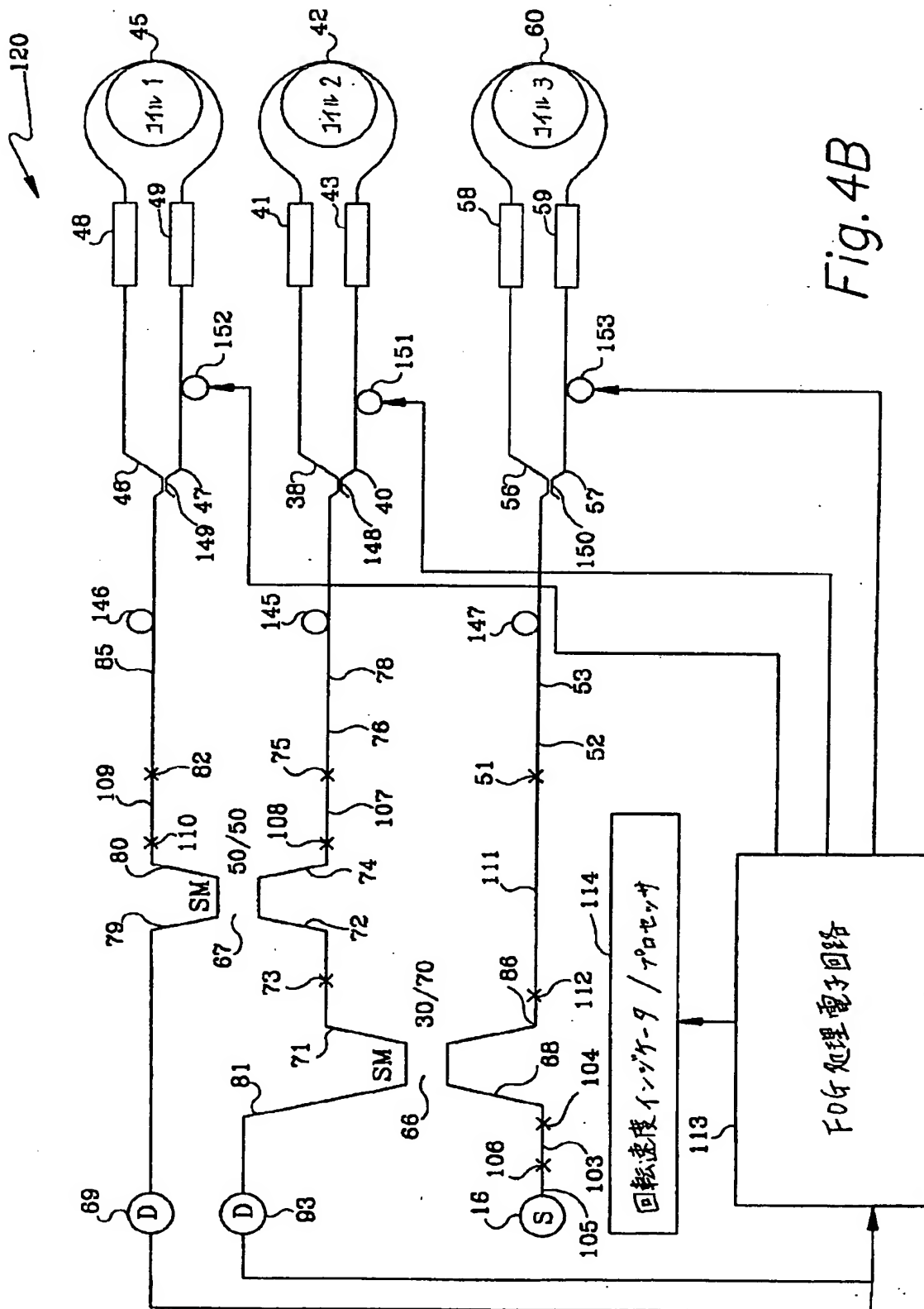


Fig. 4A

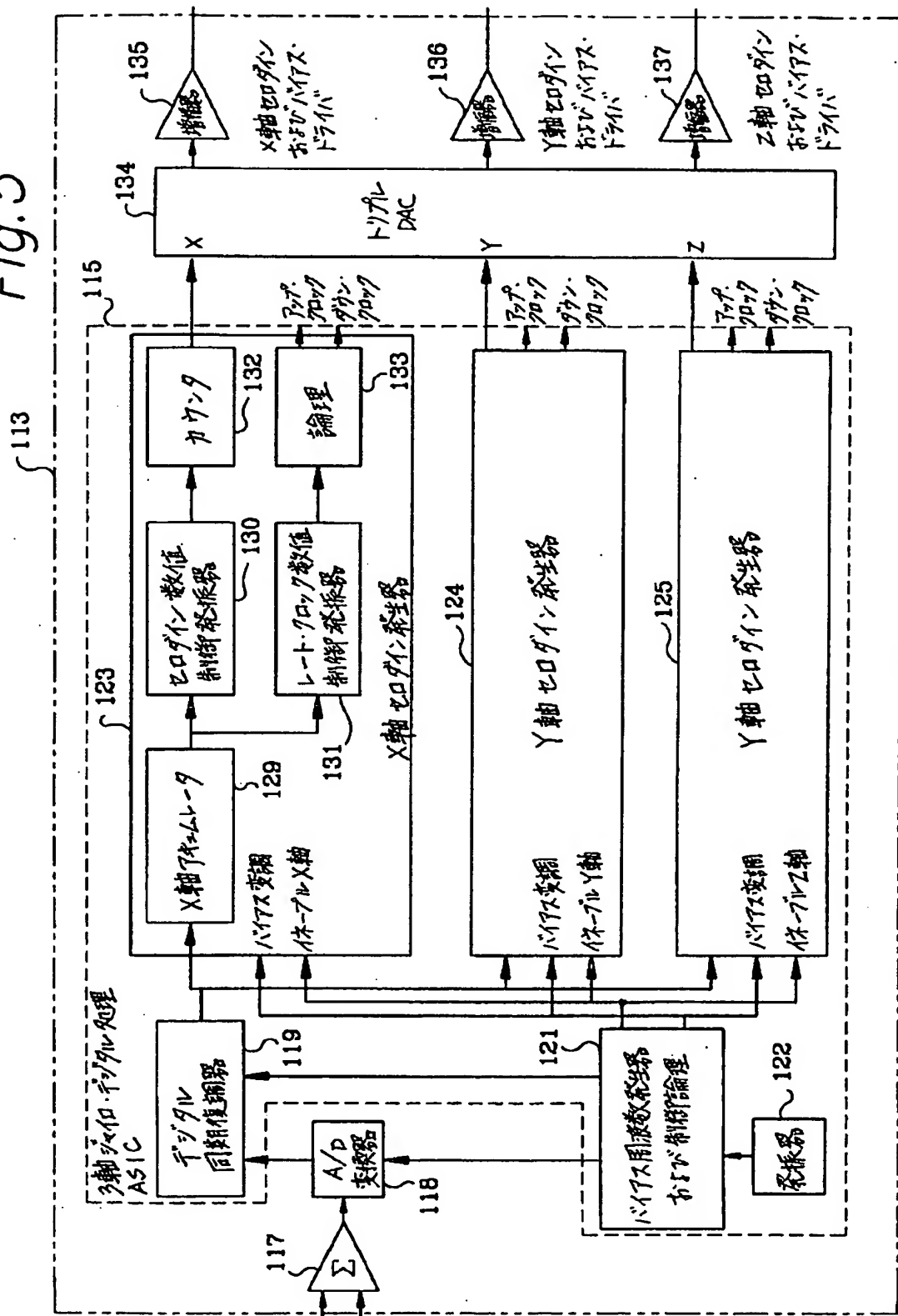
[ 図 4 ]





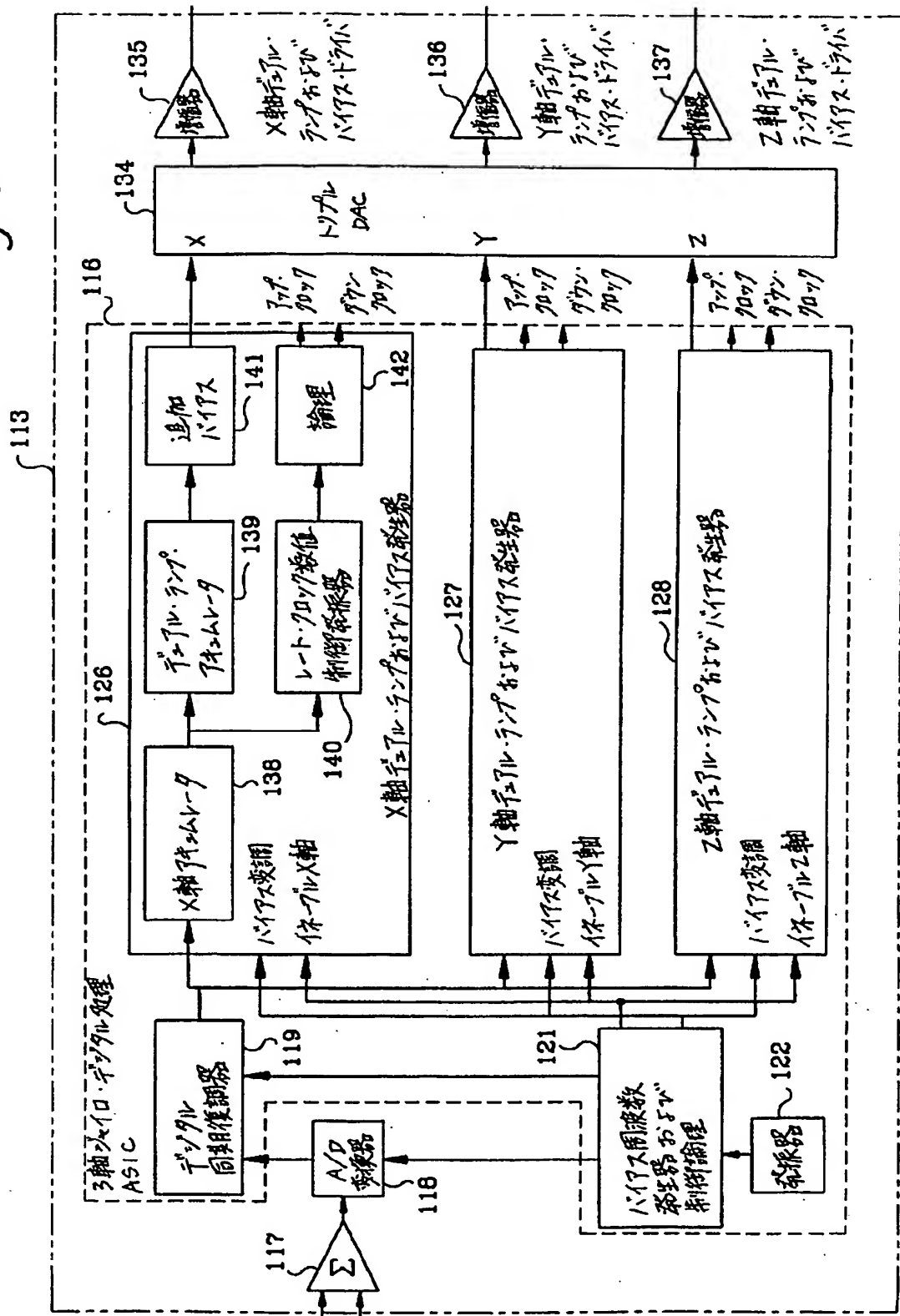
【 図 5 】

Fig.5



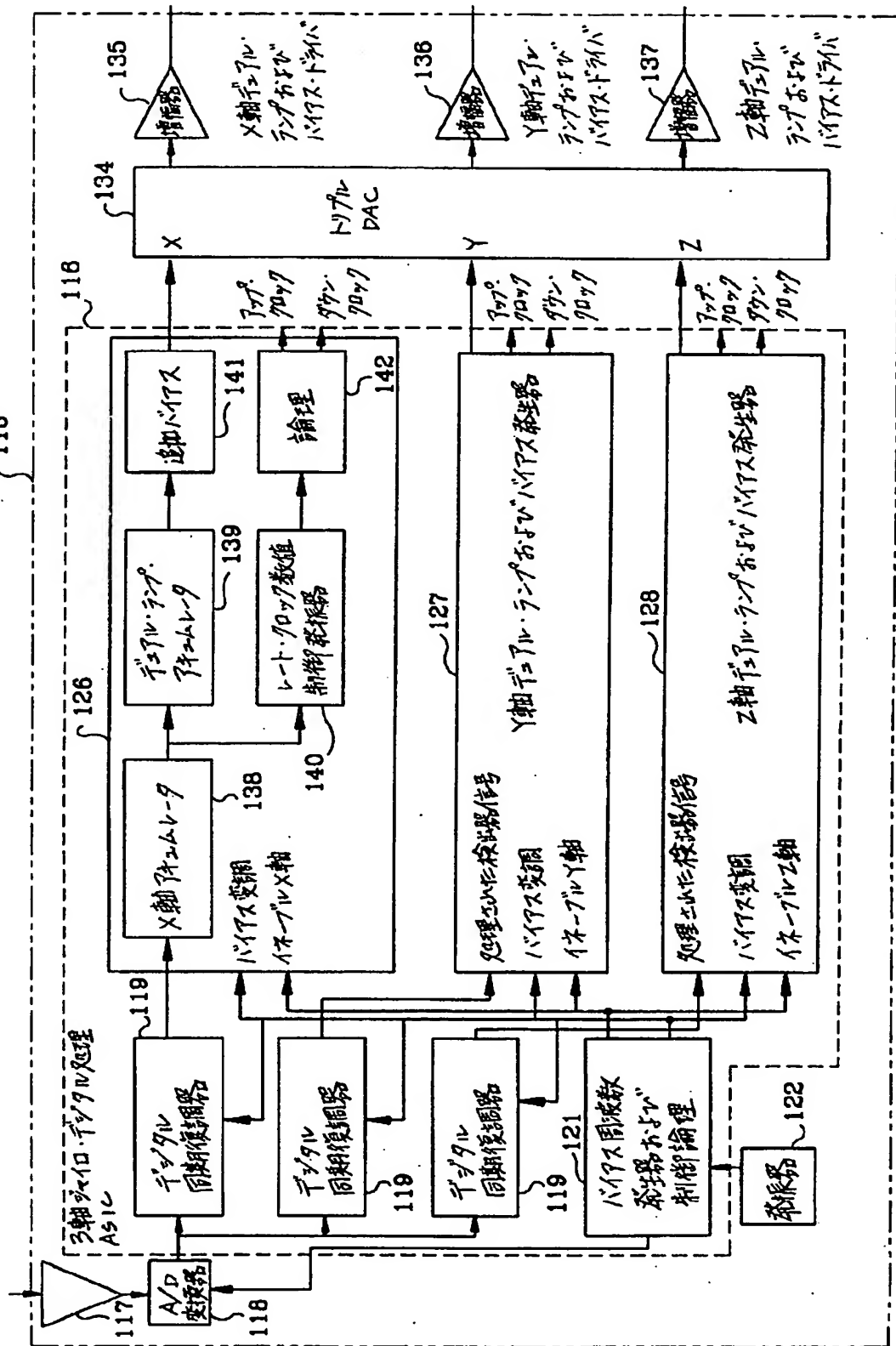
【 図 6 】

Fig.6



【 図 7 】

Fig. 7



【圖 8】

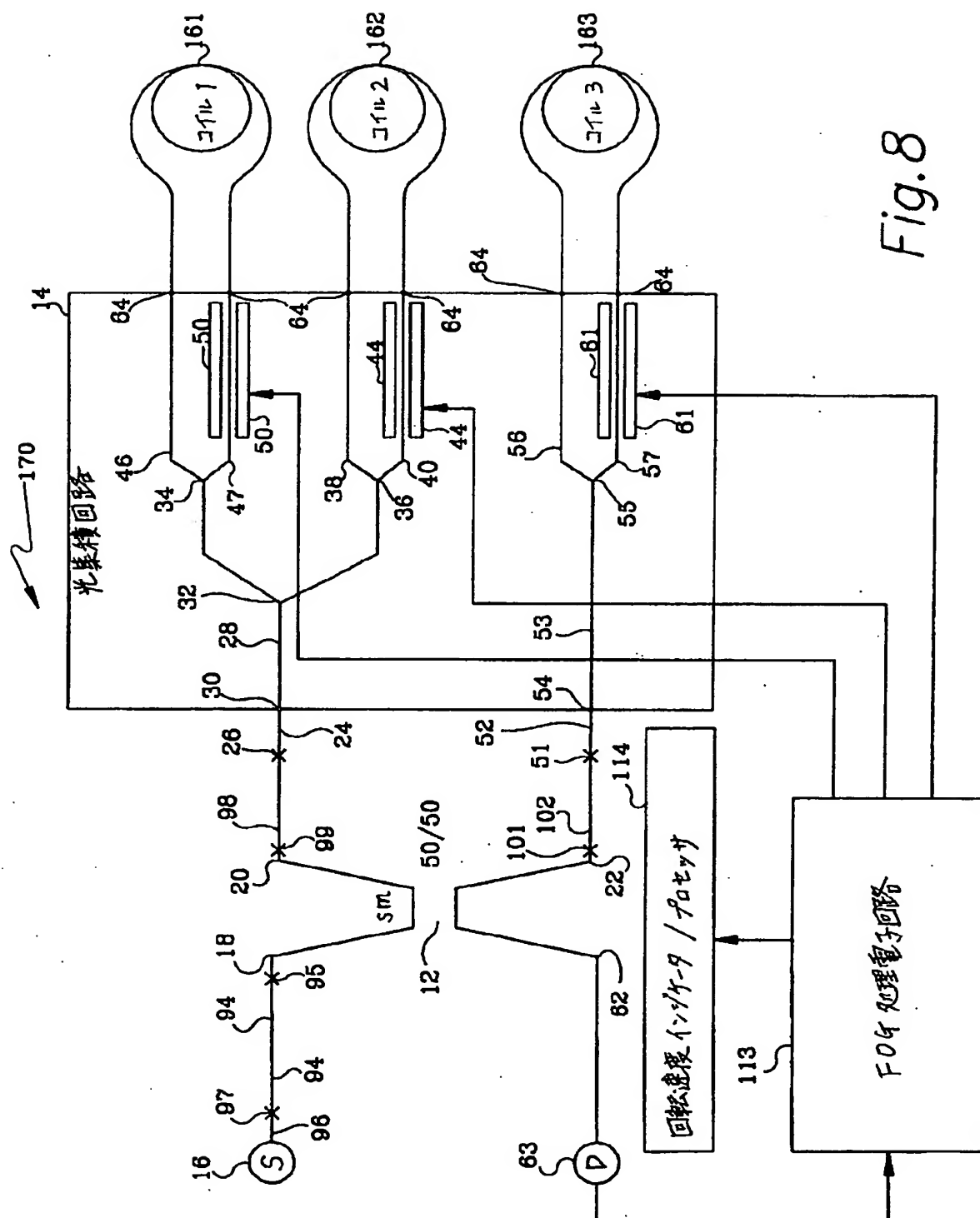


Fig. 8

【 図 9 】

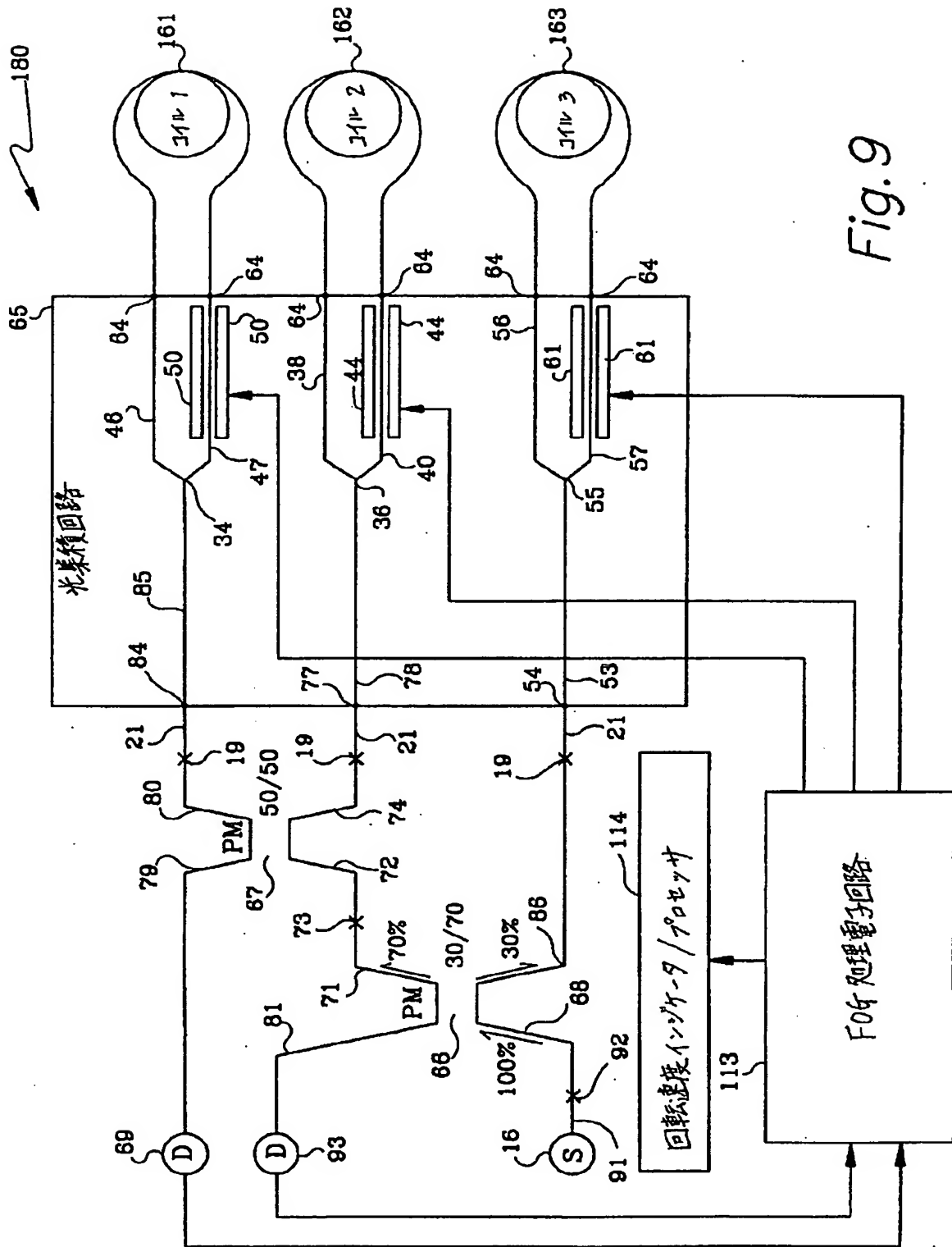


Fig. 9

【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】平成10年6月26日（1998. 6. 26）

【補正内容】

補正請求の範囲

1. 第1（18）、第2（62）、第3（20）、および第4（22）のポートを有する結合器（12）、

前記結合器の第1ポート（18）に接続された光源（16）、

前記結合器の第2ポート（62）に接続された検出器（63）、

前記結合器（12）の第3ポート（20）に接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第1Y接合部（32）、

前記第1Y接合部（32）の第2ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第2Y接合部（34）、

前記第1Y接合部（32）の第3ポートに接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第3Y接合部（36）、

前記結合器（12）の第4ポート（22）に接続された第1ポートと、第2および第3のポートとを有する第4Y接合部（55）、

その第1および第2の端子が前記第2Y接合部（34）の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、少なくとも1つの偏光解消器（48、49）を有する第1検出ループ（45）、

第1および第2の端子が前記第3Y接合部（36）の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、少なくとも1つの偏光解消器（41、43）を有する第2検出ループ（42）、ならびに

その第1および第2の端子が前記第4Y接合部（55）の第2および第3のポートにそれぞれ接続された、少なくとも1つの偏光解消器（58、59）を有する第3検出ループ（60）

を含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

2. 第1（68）、第2（81）、第3（71）、および第4（86）のポートを有する第1結合器（66）、

前記第1結合器（66）の第1ポート（68）に接続された光源（61）、

前記第1結合器(66)の第2ポート(81)に接続された検出器(93)、  
前記第1結合器の第3ポート(71)に接続された第1ポート(72)と、第  
2検出器(69)に接続された第2ポート(79)と、第3(80)および第4  
(74)のポートとを有する第2結合器(69)、  
前記第2結合器(67)の第3ポート(80)に接続された第1ポートと、第  
2および第3のポートとを有する第1Y接合部(34)、  
前記第2結合器(67)の第4ポート(74)に接続された第1ポートと、第  
2および第3のポートとを有する第2Y接合部(36)、  
前記第1結合器(66)の第4ポート(80)に接続された第1ポートと、第  
2および第3のポートとを有する第3Y接合部(55)、  
第1および第2の端子が前記第1Y接合部(34)の第2および第3のポート  
にそれぞれ接続された第1検出ループ(45)、  
第1および第2の端子が前記第2Y接合部の第2および第3のポートにそれぞ  
れ接続された第2検出ループ(42)、ならびに  
第1および第2の端子が前記第3Y接合部(55)の第2および第3のポート  
にそれぞれ接続された第3検出ループ(60)  
を含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。  
3. 前記第1、第2、および第3のY接合部(34、36、55)のそれぞれの  
少なくとも1つのポートの付近に位置する、第1、第2、および第3の変調器電  
極セット(50、44、61)  
をさらに含む請求項2に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。  
4. 前記第1検出ループの第1または第2の端子と前記第1Y接合部(34)の  
第2ポートとの間に接続された少なくとも1つの偏光解消器(48、49)と、  
前記第2検出ループの第1または第2の端子と前記第2Y接合部(36)の第  
2ポートとの間に接続された少なくとも1つの偏光解消器(41、43)と、  
前記第3検出ループの第1または第2の端子と前記第3Y接合部(55)の第  
2ポートとの間に接続された少なくとも1つの偏光解消器(58、59)と  
をさらに含む請求項3に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

5. 前記第1 Y接合部(34)および第1の変調器電極セット(50)が、第1光集積回路(65)上に形成され、

前記第2 Y接合部(36)および第2の変調器電極セット(44)が、第2光集積回路(65)上に形成され、

前記第3 Y接合部(55)および第3の変調器電極セット(61)が、第3光集積回路(65)上に形成される、

請求項4に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

6. 前記第1、第2、および第3のY接合部と、前記第1、第2、および第3の変調器電極セットとが光集積回路上に形成される請求項4に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

7. 第1および第2の検出器に接続された入力を有する増幅器(117)、

前記増幅器の出力に接続された入力、および出力を有するアナログ・デジタル変換器(118)、

前記アナログ・デジタル変換器の出力に接続された入力を有する3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置(115)、

前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置の出力に接続された入力と、前記第1、第2、および第3の変調器電極セットにそれぞれ接続された出力とを有するデジタル・アナログ変換器(134)とをさらに含む請求項6に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

8. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置(115、116)が、前記デジタル・アナログ変換器の出力から前記第1、第2、および第3の変調器要素セットのそれぞれに送信されるその大きさが各検出ループの回転速度を示す信号によって、前記第1、第2、および第3の検出ループを互いに逆方向に伝播した光の位相差をゼロにする閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

9. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置(115)が、ゼロサイン閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。



10. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置(116)が、デュアル・ランプ閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

11. 前記3軸ジャイロスコープのデジタル処理装置が、デジタル位相ステップ閉ループ・フィードバック・システムである請求項7に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

12. 前記第2結合器(67)の第3ポート(80)と前記第1Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器(48)と、

前記第2結合器(67)の第4ポート(74)と前記第2Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器(41)と、

前記第1結合器(68)の第4ポート(80)と前記第3Y接合部の第1ポートとの間に接続された偏光解消器(58)と

をさらに含む請求項4に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

13. 前記結合器(12)の第3ポート(20)と前記第1Y接合部(32)の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と、

前記結合器(12)の第4ポート(22)と前記第4Y接合部(55)の第1ポートとの間に接続された偏光解消器と

をさらに含む請求項1に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

14. 前記第1、第2、第3、および第4の接合部が偏光接合部である請求項13に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

15. 前記第1、第2、および第3のY接合部が偏光接合部である請求項12に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

16. 前記第1、第2、および第3の検出ループが偏光非保持ファイバを有する請求項15に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

17. 第1検出器(69)、

第2検出器(93)、

光源(61)、

前記第2検出器(93)に接続された第1ポート(81)と、前記光源(61

）に接続された第2ポート（68）と、第3（71）および第4（86）のポートとを有する第1結合器（60）、

前記第1検出器（69）に接続された第1ポート（79）、および前記第1結合器（66）の第3ポート（71）に接続された第2ポート（72）を有する第2結合器（67）、

前記第2結合器（67）の第3ポート（80）に接続された第1偏光子（146）、

前記第2結合器（68）の第4ポート（74）に接続された第2偏光子（145）、

前記第1結合器（66）の第4ポート（80）に接続された第3偏光子（147）、

前記第1偏光子（146）に接続された第1ポートと、第2（46）および第3（47）のポートとを有する第3結合器（149）、

前記第2偏光子（145）に接続された第1ポートと、第2（38）および第3（40）のポートとを有する第4結合器（148）、

前記第3偏光子（147）に接続された第1ポートと、第2（56）および第3（57）のポートとを有する第5結合器（150）、

前記第3結合器（149）の第2ポート（46）に接続された第1偏光解消器（48）、

前記第4結合器（148）の第2ポート（38）に接続された第2偏光解消器（41）、

前記第5結合器（150）の第2ポート（56）に接続された第3偏光解消器（58）、

前記第1偏光解消器（48）に接続された第1端、および前記第3結合器（149）の第3ポート（47）に接続された第2端を有する第1偏光非保持光ファイバ検出ループ（45）、

前記第2偏光解消器（41）に接続された第1端、および前記第4結合器（148）の第3ポート（40）に接続された第2端を有する第2偏光非保持光ファ

イバ検出ループ ( 4 2 ) 、

前記第3偏光解消器 ( 5 8 ) に接続された第1端、および前記第5結合器 ( 1 5 0 ) の第3ポート ( 5 7 ) に接続された第2端を有する第3偏光非保持光ファイバ検出ループ ( 6 0 )

を含む3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

18. 前記第3結合器 ( 1 4 9 ) の第3ポート ( 4 7 ) と前記第1光ファイバ検

出ループ ( 4 5 ) の第2端との間に接続された第4偏光解消器 ( 4 9 ) と、

前記第4結合器 ( 1 4 8 ) の第3ポート ( 4 0 ) と前記第2光ファイバ検出ループ ( 4 2 ) の第2端との間に接続された第5偏光解消器 ( 4 3 ) と、

前記第5結合器 ( 1 5 0 ) の第3ポート ( 5 7 ) と前記第3光ファイバ検出ループ ( 6 0 ) の第2端との間に接続された第6偏光解消器 ( 5 9 ) と

をさらに含む請求項17に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

19. 前記第2結合器 ( 6 7 ) の第3ポート ( 8 0 ) と前記第1偏光子 ( 1 4 6 ) との間に接続された第4偏光解消器と、

前記第2結合器 ( 6 7 ) の第4ポート ( 7 4 ) と前記第2偏光子 ( 1 4 5 ) との間に接続された第5偏光解消器と、

前記第1結合器 ( 6 6 ) の第4ポート ( 8 6 ) と前記第3偏光子 ( 1 4 7 ) との間に接続された第6偏光解消器と

をさらに含む請求項17に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

20. 前記第3結合器 ( 1 4 9 ) の第3ポート ( 4 7 ) と前記第1光ファイバ検出ループ ( 4 5 ) の第2端との間に接続された第7偏光解消器 ( 4 9 ) と、

前記第4結合器 ( 1 4 8 ) の第3ポート ( 4 0 ) と前記第2光ファイバ検出ループ ( 4 2 ) の第2端との間に接続された第8偏光解消器 ( 4 3 ) と、

前記第5結合器 ( 1 5 0 ) の第3ポート ( 5 7 ) と前記第3光ファイバ検出ループ ( 6 0 ) の第2端との間に接続された第9偏光解消器 ( 5 9 ) と

をさらに含む請求項19に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

21. 前記第1光ファイバ検出ループ ( 4 5 ) 内、およびその端子付近に接続された第1変調器 ( 1 5 2 ) と、

前記第2光ファイバ検出ループ(42)内、およびその端子付近に接続された第2変調器(151)と、

前記第3光ファイバ検出ループ(60)内、およびその端子付近に接続された第3変調器(153)と

をさらに含む請求項20に記載の3軸光ファイバ・ジャイロスコープ。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 601C19/72		International Application No PCT/US 97/11412
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 601C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 189 488 A (MARK JOHN G ET AL) 23 February 1993 see abstract; figure 5 see column 8, line 59 - column 10, line 27	1,2,31, 32
A	EP 0 388 499 A (LITEF GMBH) 26 September 1990 see page 4, line 12 - line 15; figures 4A, 4B see abstract	1,2,23, 31,32
A	WO 90 15967 A (TELDIX GMBH) 27 December 1990 see abstract; figure 5A see page 5, paragraph 4 - page 6, paragraph 1	23
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 9 January 1998		Date of mailing of the international search report 16/01/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Hunt, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 97/11412

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5189488 A	23-02-93	NONE	
EP 0388499 A	26-09-90	NONE	
WO 9015967 A	27-12-90	NONE	